

Е.В. Мироненко, д-р техн. наук, Е.В. Марчук, Краматорск, Украина

## УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРОРЕЗНЫХ РЕЗЦОВ

*Для підвищення стійкості ріжучих пластин прорізних різців розроблено пристрій для управління коливаннями, принцип роботи якого полягає в тому, щоб в певному діапазоні частот коливань ріжучий інструмент був активним демпфером.*

*Для повышения стойкости режущих пластин прорезных резцов разработано устройство для управления колебаниями, принцип работы которого заключается в том, чтобы в определенном диапазоне частот колебаний режущий инструмент был активным демпфером.*

*To increase the resistance of cutting plates incisors developed a device to control fluctuations, the principle of which is that in a certain range of frequencies of fluctuations of the cutting tool has been active vibration damper.*

**Введение.** Эффективность механообработки на тяжелых токарных станках определяется производительностью и себестоимостью. Повышение производительности на прорезных операциях ограничивается прочностью режущей пластины, которая оказывается наиболее слабым элементом конструкции резца, поэтому частым видом отказа инструмента является поломка пластины.

Поломки режущей пластины прорезных резцов в значительной мере зависят от колебаний, которые возникают в технологической системе механической обработки (ТСМО). В работе Боброва В. Ф. «Определение напряжений в режущей части металлорежущих инструментов» [4] показана тесная связь между колебаниями резцов и прочностью. Сочетание амплитуды и частоты резца определяет вид отказа. Параметры колебаний в значительной мере зависят от способа закрепления режущей пластины и жесткости конструкции прорезного резца.

**Основная часть.** Для повышения стойкости режущих пластин отрезных резцов разработано устройство для управления колебаниями, принцип работы которого заключается в том, чтобы в диапазоне частот колебаний до 5 кГц режущий инструмент является активным демпфером, а в диапазоне ультразвуковых колебаний - в качестве резонатора колебаний.

В устройство для управления колебаниями при точении введена система управления, которая включает датчик виброускорения, присоединенный через усилитель к входу аналого-цифрового преобразователя, который входит в состав быстродействующего микроконтроллера, с программным обеспечением в состав которого добавлен ряд модулей генерации ультразвуковых колебаний, демпфирование низкочастотных колебаний до 5 кГц и корректировки нелинейности усилителя мощности, которые через цифро-аналоговый преоб-

разователь и усилитель мощности подключен к пьезоэлектрическому преобразователю механических колебаний с волноводом.

Устройство для управления колебаниями при точении (рис. 1, рис. 3) состоит из датчика виброускорения 1, который подключен к входу системы управления 2, которая управляет пьезоэлектрическим вибратором 3. Основой системы управления 2 является контроллер семейства ARM7 фирмы Analog Device ADUC7020 4, работающий на частоте 40 МГц и оснащенный быстродействующим 12-разрядным аналого-цифровым преобразователем 5 с временем преобразования 1 мкс, на входы "0" и "1" которого через усилитель 6 и фильтр нижних частот 7 подается сигнал с датчика виброускорения 1. Считанные значения после обработки по двум каналам программной фильтрации используются для программного формирования задания напряжения на встроенном цифро-аналоговом преобразователе 8, напряжение с выхода цифро-аналогового преобразователя через усилитель 9 и высоковольтный трансформатор 10 управляет пьезоэлектрическим вибратором 3, из которого через развязывающий усилитель 11 и вход "2" аналого-цифрового преобразователя напряжение обратной связи подается на программный регулятор напряжения 12, выполняющий корректировку ошибки, образованной разницей измеренного напряжения на пьезоэлектрическом вибраторе 3 и задания, в свою очередь, являющегося суммой компенсирующего и вибрационного сигналов. Компенсирующий сигнал вычисляется в модуле 13 на основании квазиинтегрирования сигнала датчика вибрации 2 и лежит в полосе частот до 5 кГц, вибрационный сигнал снимается с выхода программного модуля генерации ультразвуковых колебаний 14 и предназначен для создания резонансных колебаний в пьезоэлектрическом вибраторе 3 на ультразвуковой частоте. Настройка на резонанс обеспечивает программный модуль отладки ультразвуковых колебаний 15, используя отфильтрованный программным полосовым фильтром 16 сигнал с датчика виброускорения 1. Пьезоэлектрический вибратор состоит из корпуса 17, нижняя часть которого с высокой точностью установлена на основание 18, а в верхнюю часть вставлен с зазором волновод 19, что позволяет ему совершать возвратно-поступательные движения. В волновод ввернут один конец шпильки 20, на которую попеременно собраны без зазоров контактные шайбы 21 и пьезокерамические пластины 22, а для обеспечения изоляции между контактными шайбами 21 с пьезокерамическими пластинами 22 и шпилькой 20 используется фторопластовая втулка 23. Другой конец шпильки с помощью гайки 24 прикреплен к основанию 18 и с осевым усилием соединяет контактные шайбы 21 и пьезокерамические пластины 22. Контактные шайбы 21 соединяются через одну между собой, образовав два полюса подключения.

При точении резцом обрабатываемой детали на выходе датчика виброускорения 1 появляется напряжение в диапазоне частот до 25 кГц. Это напряжение усиливается усилителем 6 и фильтруется фильтром нижних частот 7,

который ограничивает верхнюю частоту сигнала виброускорения на уровне 20кГц. Встроенный в управляющий контроллер 4 аналого-цифровой преобразователь 5 превращает входное напряжение в пропорциональный ей 12 разрядный код, который используется программным обеспечением контроллера (рисунок 2).

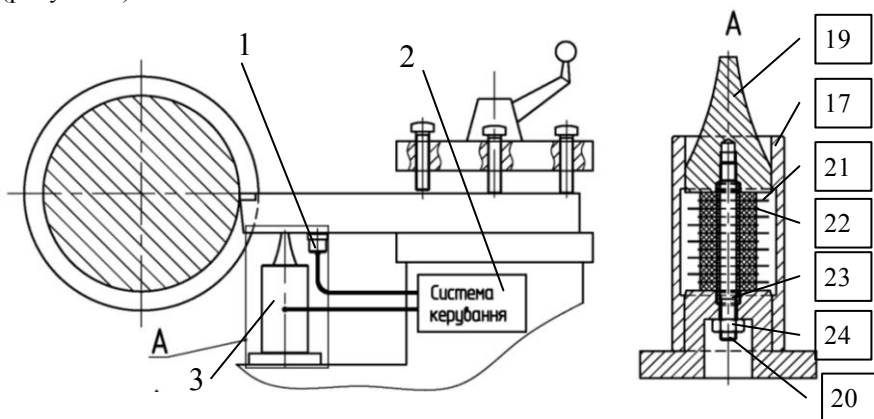


Рисунок 1 – Схема подключения устройства для управления колебаниями

Для стабилизации амплитуды колебаний в диапазоне до 5 кГц измеряемое значение виброускорения подлежит программному квазиинтегрированной фильтрованию с помощью модуля 13. Полученный код скорости представляет собой одну из составляющих кода задания для цепи управления напряжением. Вторая составляющая задания цепи управления напряжением создается модулем генерации ультразвуковых колебаний 14, параметры которого меняется с помощью обратной связи с программного модуля настройки ультразвуковых колебаний 15 путем воздействия полученного из программного полосового фильтра 16 сигналов виброускорения на ультразвуковой частоте. Код задания цепи управления напряжением сравнивается с кодом обратной связи. Для получения кода обратной связи напряжение с пьезоэлектрического вибратора 3 измеряется развязывающим усилителем 11 и через фильтр низких частот 7 подается на встроенный аналого-цифровой преобразователь 5. Вычитая из кода задания код обратной связи получаем код погрешности, который через программный регулятор напряжения 12 подается на встроенный цифро-аналоговый преобразователь 8, где превращается пропорционально коду напряжение управления усилителем мощности 9, которой подключен к высоковольтному трансформатору 10. Напряжение с выхода трансформатора 10 обеспечивает управление пьезоэлектрическим вибратором 3. Таким образом, на пьезоэлектрическом вибраторе замыкаются три круга управления - по напряжению, круга стабилизации амплитуды колебаний в диапазоне до 5 кГц и круга генерации ультразвуковых колебаний на резонансной частоте.

нансной частоте пьезоэлектрического вибратора. Предварительно волновод 19 с помощью шпильки 23, и гайки 20 соединяет пьезокерамические пластины 22 и контактные шайбы 21 с основанием 18, а шпилька 23 изолирована с помощью фторопластовой втулки 23, поэтому при подаче напряжения на контактные шайбы 21 на пьезокерамические пластины 22 действует электрическое поле и благодаря пьезоэффекту пластины 22 изменяют свои размеры. Изменение размеров приводит к перемещению волновод 19 в отверстии корпуса 17. Через постоянное изменение электрического тока возникает соответствующее перемещение волновода 19, который в своей конструкции работает как концентратор колебаний и приводит к их усилению.

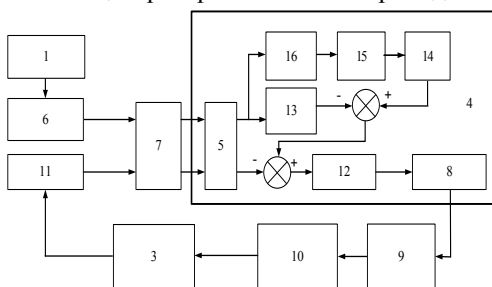


Рисунок 2 – Структурная схема системы управления.



Рисунок 3 – Разработанное устройство управления колебаниями

В качестве примера на рисунках 4 и 5 показаны измеренные с помощью датчиков вибрации данные колебаний инструмента вдоль осей OZ и амплитудно-частотная характеристика OZ соответственно.

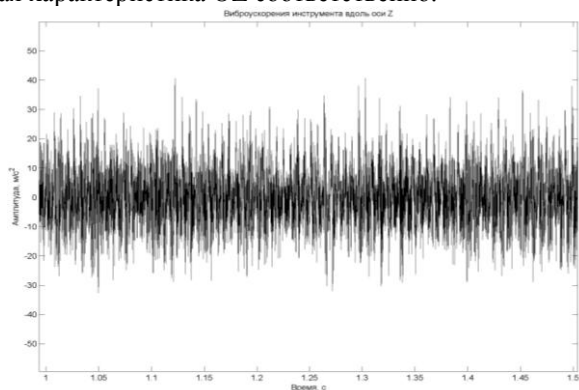


Рисунок 4 – Виброускорение прорезного резца измеренного вдоль оси Z. Материал 40ХН2МА, D=210 мм, t=40 мм, S=0.1 мм/об, V= 10 м/мин.

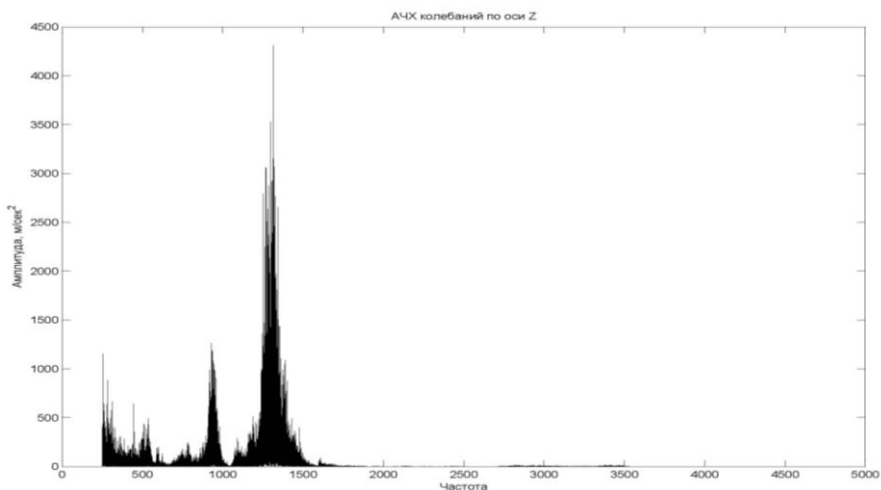


Рисунок 5 – АЧХ виброускорения колебаний прорезного резца вдоль оси Z.  
Материал 40ХН2МА, D=210 мм, t=40 мм, S=0.1 мм/об, V= 10 м/мин.

#### Выводы.

На основании проведенных аналитических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- в работе проанализированы способы управления колебаниями при прорезке широких пазов сборными прорезными резцами на тяжелых токарных станках;
- разработано устройство управления колебаниями при прорезке широких пазов, позволяющее управлять процессом резания, стружкодробления, динамикой технологической системы, позволяющее повысить стойкость инструмента.

**Список использованных источников:** 1. Коткин Г.Г. Гузенко В.С. МIRONENKO Е.В. и др. Системный анализ: оптимизация и принятие решений в механообработке.– Краматорск. ДГМА;1998– 234 с. 2. МIRONENKO Е.В. Исследование надежности блочных резцов для уникальных станков// Надежность режущего инструмента. Вопросы надежности, оптимального проектирования и эксплуатации инструмента. Сб. Статей. Вып. 5 / Под общ. редакцией В.С. Гузенко и Г.Л. Хаета / Краматорск: ДГМА, 1994.-С.196-209. 3. Казакова Т.В., МIRONENKO Е.В., Марчук Е.В. Прогнозирование структуры отказов сборных модульных резцов для станков с ЧПУ.// Сб. Надежность инструмента и оптимизация технологических систем. - Краматорск: ДГМА, 2003. - №14 С.36 - 40. 4. Бобров В.Ф. Определение напряжений и режущей части металлорежущих инструментов. //Кн. Высокопроизводительное резание в машиностроении. - М.: Наука, 1966. - С.223 - 228.

Поступила в редколлегию 15.06.2012